

生 物

(問 題)

2026年度

〈R08200017〉

注 意 事 項

1. この問題冊子は、解答パターンがBおよびCの受験生に配布される。
2. この科目では、この問題冊子、および解答用紙（生物その1、生物その2）を配布する。
3. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないこと。
4. 問題は2～11ページに記載されている。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせること。
5. 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入すること。
6. 解答用紙記入上の注意
 - (1) 解答用紙の所定欄（各用紙2カ所）に、氏名および受験番号を正確に丁寧に記入すること。
 - (2) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
 - (3) 受験番号の記入にあたっては、次の数字見本にしたがい、読みやすいように、正確に丁寧に記入すること。

数字見本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

7. 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
8. 文字や数字は明瞭、かつ丁寧に記入すること。判別できない場合や読めない場合は、採点の対象外となる場合がある。
9. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離さないこと。
10. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにすること。
11. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出すること。
12. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

〔I〕 以下の問題文を読み、答えを解答欄に記入しなさい。

真核生物のDNAは、細胞内では（ア）を形成して折りたたまれた状態で存在する。（ア）の基本構成単位であるヌクレオソームは、DNAが（イ）とよばれるタンパク質に巻きついた構造をしている。（ア）でDNAが折りたたまれた状態では転写は抑制されるが、さまざまな刺激に応答してその構造が変化すると、転写が始まる。また、転写調節領域がプロモーターから離れた位置にある場合には、DNAは折れ曲がってループを形成し、転写調節領域がプロモーターの近くに位置することで、転写の調節が行われる。原核生物である大腸菌においても、DNAは菌体内で折りたたまれた状態で存在しており、その構造は栄養状態などの環境に応答して変化する。こうした構造の変化は、大腸菌の転写調節の仕組みの一部となっている（下線部1）。

大腸菌のラクトースオペロンでは、ラクトースに応答して *lacZ* などの3つの遺伝子の転写が調節される。このうち、*lacZ* 遺伝子から作られる酵素Zは、ラクトースを（ウ）とグルコースに分解する酵素である。ラクトースオペロンの転写は、*lacI* 遺伝子から作られるタンパク質Iと、三カ所のオペレーター（Oa, Ob, Ocと表す）と呼ばれる転写調節領域によって調節される（図1）。*lacI* 遺伝子からはポリペプチド鎖（ポリペプチドIと表す）が作られ、これが4つ集合して形成される四量体であるタンパク質Iを形成する。この四量体を構成する2つの二量体の各々が、1つのオペレーターを認識して結合する（下線部2）。ここでは、ラクトースオペロンの遺伝子の転写を強く誘導する物質のことを誘導因子と呼ぶことにする。

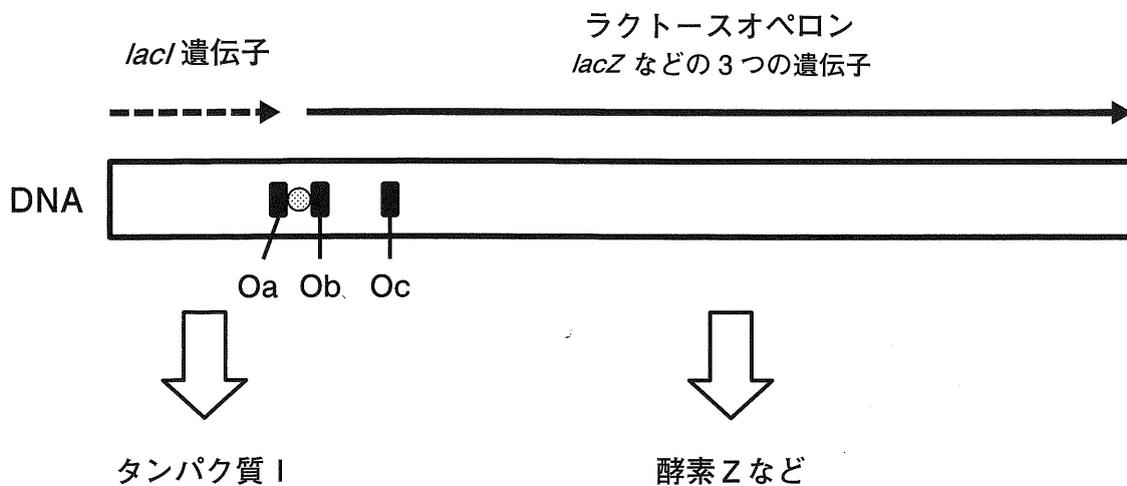


図1

ラクトースオペロンと *lacI* 遺伝子の構造を模式的に表す。Oa, Ob, Oc はラクトースオペロンのオペレーターを表す。点線矢印は *lacI* 遺伝子、実線矢印はラクトースオペロンの遺伝子の転写の向きを表す。●はRNAポリメラーゼが結合する部位を表す。

実験 1

グルコースとラクトースの両方を含む培養液で大腸菌を培養し、時間ごとに大腸菌の数（点線のグラフ）、および、大腸菌あたりの酵素 Z の活性（実線のグラフ）を測定したところ、**図 2** の結果を得た。

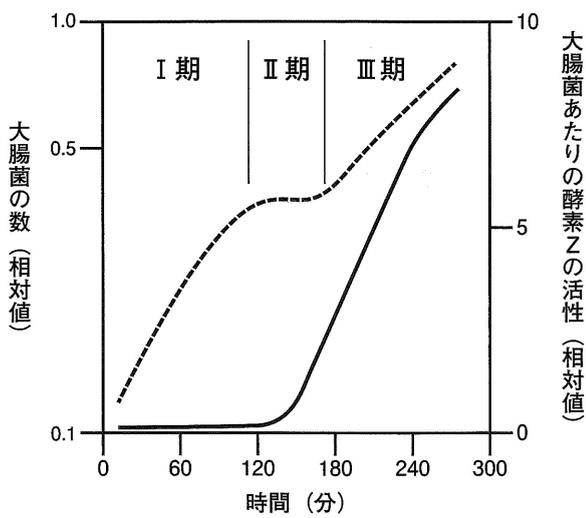


図 2

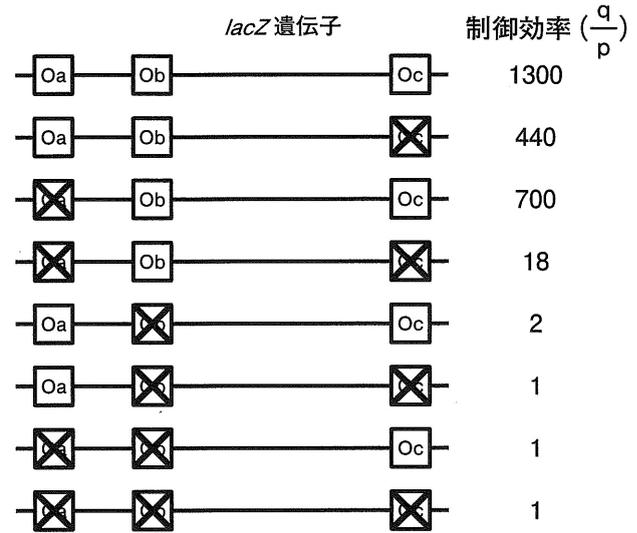


図 3

×がついたオペレーターにはタンパク質 I が結合しない。

実験 2

タンパク質 I はラクトースオペロンの 3 つのオペレーター (Oa, Ob, Oc) に結合するが、タンパク質 I のそれぞれのオペレーターへの結合の親和性は異なる。3 つのオペレーターの機能を調べるために、それぞれのオペレーターに**図 3** のようにタンパク質 I が結合できない変異を導入して、誘導因子を加えた培養条件、あるいは、誘導因子を加えない培養条件で、酵素 Z の活性をそれぞれ測定した。誘導因子を加えない条件での酵素 Z の活性 (p) と誘導因子を加えた条件での酵素 Z の活性 (q) から、lacZ 遺伝子の発現の制御効率 ($\frac{q}{p}$) を求めたところ、**図 3** の結果を得た。

実験 3

lacI 遺伝子に変異をもつ大腸菌の変異株 1 と変異株 2 がある。これらの変異株では誘導因子を加えない培養条件で、lacZ 遺伝子が発現する。それぞれの変異株のもつ lacI 遺伝子を lacI₁、lacI₂ と表記する。lacI₁ 遺伝子からはタンパク質が作られなかったが、lacI₂ 遺伝子からは、四量体ではあるが、オペレーターに結合できないタンパク質 I₂ が作られていた。それぞれの変異株に、野生型 lacI 遺伝子は大腸菌あたり 1 つ導入したところ、変異株 1 では、誘導因子を加えない培養条件で、lacZ 遺伝子の発現が低下した (下線部 3)。一方、変異株 2 では、誘導因子を加えない培養条件で、変異株 1 で見られたような lacZ 遺伝子の発現低下は観察されなかった (下線部 4)。

問 1 空欄 (ア) から (ウ) にあてはまる語句を答えなさい。

問 2 実験 1 について、大腸菌の増殖は II 期でいったん停止している。I 期と III 期のそれぞれにおいて、培養液中のグルコースとラクトースのどちらを増殖に利用しているのかを答えなさい (問 2-1)。

また、II 期において、ラクトースオペロンの遺伝子発現がどのように変化したのか、その変化が生じた理由とともに答えなさい (問 2-2)。

問3 実験2の結果から、それぞれのオペレーター配列の働きについて次のように考察した。空欄（あ）から（う）にあてはまるものを、Oa, Ob, Ocのいずれかで答えなさい。

考察：オペレーター（あ）単独でも、ラクトースオペロンの転写を調節する活性をもつ。しかし、オペレーター（い）もしくはオペレーター（う）がオペレーター（あ）と共に存在することで、オペレーター（あ）単独の場合より効率的に転写を調節できるようになる。また、オペレーター（あ）とオペレーター（い）が共に存在する方が、オペレーター（あ）とオペレーター（う）が共に存在する方よりも効率的に転写を調節できる。

問4 問3で考察したオペレーターの協調性がどのような機構で起きるのかを、下線部1と下線部2を考慮して説明しなさい。

問5 下線部3について、*lacZ* 遺伝子の発現が低下した理由を説明しなさい。

問6 下線部4について、*lacZ* 遺伝子の発現が低下しなかった理由を、下線部1と下線部2を考慮して説明しなさい。ただし、変異株に導入した野生型 *lacI* 遺伝子の発現と、*lacI₂* 遺伝子から産生されるポリペプチド *I₂* について、以下のことがわかっているとす。

- ① 変異株1と変異株2のそれぞれに導入された野生型 *lacI* 遺伝子から産生されるポリペプチドIの量は、変異株による違いはなく同程度である。
- ② ポリペプチド *I₂* は野生型のポリペプチドIと結合できる。
- ③ 野生型 *lacI* 遺伝子を導入した変異株2において産生されるポリペプチドIの量とポリペプチド *I₂* の量は同程度である。

〔Ⅱ〕 以下の文章を読み、答えを解答欄に記入しなさい。

真核細胞では、DNA から様々な RNA が転写されている。その一部はタンパク質に翻訳される領域をもたない RNA であり、ノンコーディング RNA とよばれる。細胞内には多様なノンコーディング RNA が存在しており、例えば (あ) と (い) は翻訳反応に必要である。(い) は、(う) とよばれる連続した3つの核酸塩基に対応するアミノ酸を運ぶ役割をもつ。また、遺伝子発現調節に関わる 22 塩基ほどの短いマイクロ RNA (miRNA) が知られている。miRNA はその前駆体となる RNA が (え) 内で転写された後、段階的な加工(下線部 1)を受けて機能できる形になる。この成熟した miRNA は、特定の mRNA に結合し、その mRNA が指定するタンパク質への翻訳効率を調節する(下線部 2)。また、miRNA によく似た同程度に短いノンコーディング RNA として、低分子干渉 RNA (siRNA) が知られている。

問 1 (あ) から (え) に当てはまる語句を答えなさい。

問 2 下線部 1 に関して、真核細胞において、DNA から転写された RNA が受ける加工の一つにスプライシングがある。例えば、多くの mRNA 前駆体はスプライシングを経て mRNA となる。スプライシングに関する説明として適切と考えられる記述を以下の中から全て選びなさい。

- a. スプライシングは転写直後の RNA 配列から一部の領域を除去する過程である。
- b. スプライシングによって転写直後の RNA 配列から複数種類の mRNA が生産されることがある。
- c. スプライシングには RNA ポリメラーゼが関わる。
- d. スプライシングは主に細胞質で行われる。

問 3 真核細胞における遺伝子発現調節では転写効率の調節が主であるが、転写段階ではなく翻訳段階で制御することの利点について、適切と考えられる記述を以下の中から全て選びなさい。

- a. 翻訳を制御することで、即時に遺伝子発現効率を制御できるため、ストレス応答など短時間で変化が求められる状況で有利である。
- b. 翻訳を制御することで、DNA を分解しなくて済むため、エネルギー的に有利である。
- c. 神経細胞などにおいて、細胞内の局所で必要に応じた速やかなタンパク質生産の制御が可能となる。
- d. 転写を制御する場合と比較して、翻訳を制御することで、特定のタンパク質の発現を強力に抑制しやすい。

問 4 下線部 2 に関して、miRNA が結合する mRNA の領域からは、タンパク質が翻訳されないことが多い。また、この領域は、mRNA の中でタンパク質を指定する領域よりも後で転写される部位に存在する。以下の文章 a および b について、下線部の正誤を判定し、正しい場合は○を、誤っている場合は×をつけなさい。さらに、誤っている場合には下線部を正しく書き直しなさい。

- a. この領域はイントロンである。
- b. この領域は開始 (う)よりも 5' 末端側にある。

問5 以下の文章を読み、設問5.1～5.4に答えなさい。

5.1 miRNAとsiRNAは標的となるmRNAへの結合様式に応じて翻訳効率を調節する。miRNAは通常、mRNAに対して部分的な相補性を持ち、siRNAは完全な相補性をもつことが多い。これらを踏まえ、ある研究者は、真核細胞Wにおいて機能が未知のタンパク質Xの発現を調節することを試みた。タンパク質XはmRNA-Xから翻訳される。研究者はmRNA-Xの同じ領域に結合するmiRNA(mi-X)とsiRNA(si-X)の配列を考案し、それぞれを細胞W内で作用させることに成功した。このとき、mi-Xおよびsi-Xはそれぞれ図1のようにmRNA-Xと結合した。また、作用したmi-Xとsi-Xの分子数は同じであった。

次に研究者は、細胞W内でmi-Xを作用させた場合、si-Xを作用させた場合、およびいずれも作用させなかった場合(コントロール)について、細胞Wを一定時間培養した後にmRNA-Xとタンパク質Xの量を調べた。その結果は図2(a, b)の通りであった。mRNA-Xとタンパク質Xの相対量に着目し、mi-Xとsi-Xの作用機序の違いを説明しなさい。



図1 mi-Xおよびsi-XのmRNA-Xへの結合様式

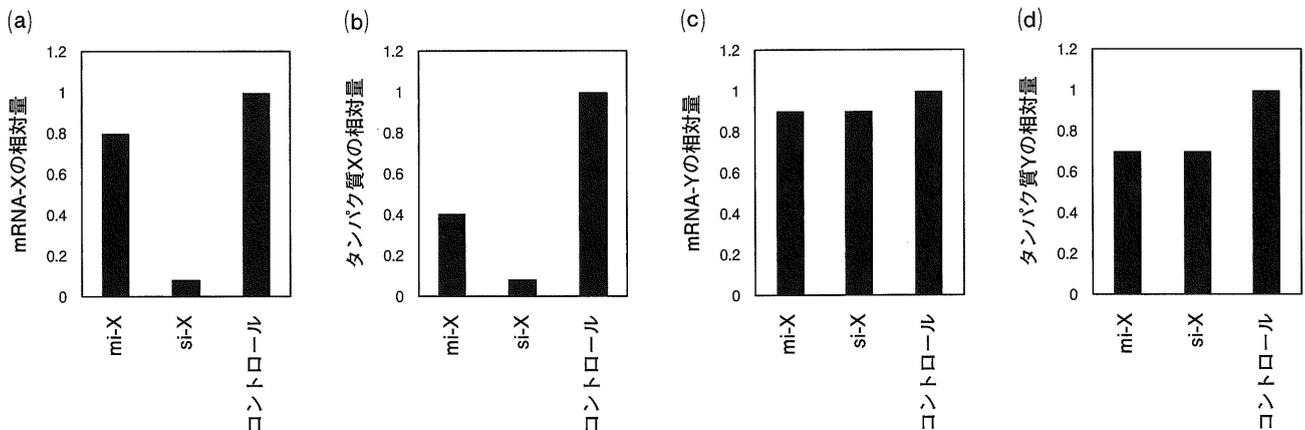


図2 mi-Xまたはsi-Xを作用させた場合の、細胞Wにおける(a)mRNA-X、(b)タンパク質X、(c)mRNA-Y、(d)タンパク質Yの量。ただし、いずれのRNAも作用させなかった場合(コントロール)の量を1とした相対量である。

5.2 次に、研究者はタンパク質Xの機能を突き止めることにした。このために、mi-Xを作用させた細胞W(細胞Wm)またはsi-Xを作用させた細胞W(細胞Ws)のいずれかを留意し、その細胞の形質をどちらのRNAも作用させなかった細胞W(無処理の細胞W)と比較することを考えた。このとき、タンパク質Xの役割を解析するためには、無処理の細胞Wと比較する細胞として細胞WmとWsのどちらの方が適しているかを、理由とともに述べなさい。

5.3 さらに研究者は、mRNA-Xの異なる領域を標的とする新たなmiRNA(mi-X2)およびsiRNA(si-X2)を設計し、設問5.2と同様の実験を行った。その結果、mi-X2およびsi-X2のいずれかを作用させた細胞Wの形質は無処理の細胞Wと同じであった。この原因を調査したところ、mi-X2およびsi-X2は新たに標的としたmRNA-Xの領域に結合できなかったとわかった。このmRNA-Xの領域は5'GCCGAAGCCAAAAGGCUUCGGC3'という配列であった。下線部の配列をもとにmRNA-Xの当該領域の性質を推測し、なぜmi-X2およびsi-X2がmRNA-Xに結合できなかったかを考え、説明しなさい。ただし、2分子のmRNA-Xは互いに相互作用しないとする。

5.4 最後に、細胞 W 内における様々な mRNA の配列を調べたところ、mi-X は mRNA-Y とともに部分的に相補的であるとわかった。そこで研究者は、設問 5.1 と同様の条件下において、mRNA-Y とそれが指定するタンパク質 Y の量を調べた。その結果は図 2 (c, d) の通りであった。mRNA-Y とタンパク質 Y の相対量を mRNA-X とタンパク質 X の相対量と比較し、なぜ si-X が mRNA-X と mRNA-Y に対して異なる作用を示したかを考え、説明しなさい。ただし、タンパク質 X とタンパク質 Y の翻訳に依存関係はなく、また mi-X と si-X によって量が変化したタンパク質は X と Y だけであったとする。

〔Ⅲ〕以下の問題文を読み、答えを解答欄に記入しなさい。

タンパク質はアミノ酸が（あ）結合で繋がってできた高分子である。タンパク質の構造は一次から四次までの4つの階層（下線部1）からなり、正しい立体構造と立体配置をとることでタンパク質はその機能を発揮する。

酵素は生体内でさまざまな化学反応の（い）を下げる触媒として働くタンパク質である。酵素による化学反応を進行させるために、活性部位に結合する（う）と呼ばれる小さな分子量の有機物（下線部2）や金属イオンが必要な場合がある。また、代謝にかかわる酵素反応は一連の代謝反応の生成物によってフィードバック制御を受けることが知られている。この制御機構の理解を深めるために、細胞内で核酸のアデノシンーリン酸（AMP）とグアノシンーリン酸（GMP）を合成する一連の反応経路に注目した。

ヒト細胞内でAMPとGMPを合成する経路には生合成経路とサルベージ経路の2つがある（図）。生合成経路は、ホスホリボシルピロリン酸（PRPP）をもとに、塩基骨格を少しずつ組み立てイノシンーリン酸（IMP）を合成する①にかかわる複数の酵素反応を介する代謝経路である。タンパク質AはPRPPとグルタミンを基質とするこの経路の最初の反応を触媒し、かつ、この経路全体の反応の進行を調節する酵素（律速酵素と呼ぶ）として働く。一方、PRPPと塩基のヒポキサンチン（HX）を基質としてIMPを一段階の反応で合成する②の代謝経路はサルベージ経路と呼ばれ、この経路ではタンパク質Bが律速酵素として働く。これらの代謝経路の制御機構を理解するために、以下の実験を行った。

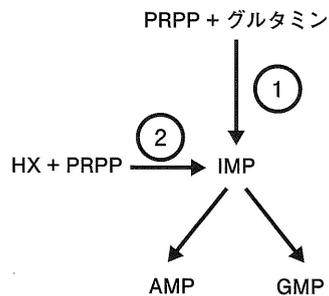


図 AMP と GMP の合成経路

実験1

試験管内で、PRPPとグルタミンの存在下で、AMPあるいはGMPを加えてタンパク質Aの酵素活性を測定すると、AMPやGMPを加えていない場合と比較して、タンパク質Aの酵素活性が2mMのAMPによって元の活性の80%、1mMのGMPによって30%に低下することが分かった。また、AMPとGMPはタンパク質Aの基質結合部位とは異なる2つの別々の部位に結合することも分かった。一方、PRPPとHXの存在下でタンパク質Bの酵素活性を測定したところ、AMPあるいはGMPを加えてもその酵素活性に変化は認められなかった。本実験では、細胞内と異なり、それぞれの酵素に対して十分量の基質の存在下で酵素活性の測定を行った。

実験2

次に、生合成経路とサルベージ経路の2つの経路が正常に機能する細胞（コントロール細胞）、タンパク質Aを欠損した細胞（タンパク質A欠損細胞）とタンパク質A欠損細胞に野生型タンパク質Aを再導入した細胞（野生型タンパク質A再導入細胞）を作製した。また、AMPとGMPにより酵素活性が抑制されない変異タンパク質Aを、タンパク質A欠損細胞に再導入した細胞（変異タンパク質A再導入細胞）も作製した。一定の培養時間で、これらの細胞の生合成経路とサルベージ経路それぞれで合成されるAMPとGMPの総量を、HXを培地に加えた培養条件と加えていない条件で測定した結果を表に示す。なお、この培養中に細胞数は変化しないものとする。また、試験管内で、AMPとGMPを加えない条件下で測定した、タンパク質A欠損細胞を除く3つの細胞群におけるタンパク質Aと変異タンパク質Aの酵素活性は同程度であった。本実験では、基質を別々に放射性物質で標識することで、それぞれの経路で合成されるAMPとGMPの総量を区別して測定できるものとする。

細胞種	生合成経路		サルベージ経路	
	HX 添加	HX 添加なし	HX 添加	HX 添加なし
コントロール細胞	1.6	7.9	12.4	0
野生型タンパク質 A 再導入細胞	1.9	8.2	12.0	0
タンパク質 A 欠損細胞	0	0	14.3	0
変異タンパク質 A 再導入細胞	25	29.8	6.9	0

(pmol/細胞/時間)

表 生合成経路とサルベージ経路で合成される AMP と GMP の総量

- 問1 (あ) から (う) に当てはまる適切な語句を答えなさい。
- 問2 アミノ酸は親水性や疎水性を示すさまざまな側鎖を持ち、この側鎖の性質を使ってタンパク質は正しい立体構造や立体配置をとることができる。ヒトの生体内で作られるタンパク質を構成する疎水性アミノ酸の中で、側鎖に環状構造を持たない必須アミノ酸を2つ挙げなさい。
- 問3 下線部1について、タンパク質の二次構造はアミノ酸のどの原子間のどのような結合によって作られるのか説明しなさい。また、ヘモグロビンを例にとり、ヘモグロビンタンパク質の四次構造の変化がヘモグロビンの機能に与える影響を説明しなさい。
- 問4 下線部2について、ヒトの細胞内において、解糖系の代謝を持続させるために必須の(う)の名前を略称で答えなさい。また、解糖系で使われた(う)を酸素の利用が制限されたヒト細胞内ではどのように再生し、解糖系に再び供給しているのか説明しなさい。
- 問5 実験1において、タンパク質Aの酵素活性に対するAMPとGMPの抑制作用が独立していると仮定した場合、試験管内で2mMのAMPと1mMのGMPを同時に加えた場合のタンパク質Aの酵素活性は、何も加えていない酵素活性の何%になるのか、計算式を示しながら答えなさい。
- 問6 実験2のコントロール細胞において、生合成経路とサルベージ経路それぞれで合成されるAMPとGMPの総量に対するHX添加の影響を下のように考察してみた。(1)から(3)に当てはまる適切な語句や数字を答えなさい。ただし、数値は小数点以下を四捨五入して答えなさい。
- 考察—
- HXを加えた培養条件において生合成経路で合成されるAMPとGMPの総量は、HXを加えていない条件で合成される総量の約(1)%であった。一方、HXを培地に加えるとサルベージ経路により合成されるAMPとGMPの総量は(2)する。その結果、タンパク質Aの酵素活性が(3)されるために、生合成経路を介して合成されるAMPとGMPの総量においてこのような変化がHXの添加によって生じたのではないかと考えられる。
- 問7 実験2において、HXを加えていない条件下で、コントロール細胞と比較して、変異タンパク質A再導入細胞の生合成経路により合成されるAMPとGMPの総量がなぜ増加したのか、考えられる理由を説明しなさい。
- 問8 実験2において、HXを加えた条件下で、コントロール細胞と比較して、変異タンパク質A再導入細胞のサルベージ経路により合成されるAMPとGMPの総量がなぜ減少したのか、考えられる理由を説明しなさい。

[以下余白]

生物 (その1)

<2026 R 08200017>

受験番号	万	千	百	十	一
	罫	罫	罫	罫	罫
氏名					

①

(注意) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

[I]

罫	罫
---	---

[II]

罫	罫
---	---

<2026 R 08200017>

受験番号	万	千	百	十	一
	罫	罫	罫	罫	罫
氏名					

(注意) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

[I]

問1 (ア)	(イ)	(ウ)
--------	-----	-----

問2-1 I期	III期
---------	------

問2-2

問3 (あ)	(い)	(う)
--------	-----	-----

問4

問5

問6

[II]

問1 あ	い	問2
う	え	問3

問4 (a) 正誤:	×の場合は修正:
(b) 正誤:	×の場合は修正:

問5 (5.1)

(5.2) 細胞:
理由:

(5.3)

(5.4)

生 物

(記述解答用紙)

(その1)

下書きは問題冊子の余白を使用してください。

①

